

ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LAS OLAS DE CALOR Y FRÍO EN ESPAÑA

Carlos Yagüe⁽¹⁾, Maialen Martija⁽²⁾, Javier Torres⁽¹⁾, Ana I. Maldonado⁽¹⁾ y Elvira Zurita⁽¹⁾.

⁽¹⁾ Departamento de Geofísica y Meteorología, Universidad Complutense de Madrid, Ciudad Universitaria, 28040 Madrid, Spain, carlos@fis.ucm.es

⁽²⁾ EUVE, Avda. de los Huetos, 79, 01010 Vitoria, Spain.

RESUMEN

Los extremos térmicos y su persistencia (olas) tienen implicaciones importantes sobre diferentes aspectos socioeconómicos: salud, agricultura, desarrollo regional, ocio, etc. Este trabajo se centra en el estudio de los extremos climáticos de calor y frío en España a través del análisis estadístico de 14 estaciones meteorológicas representativas de la España Peninsular y de las Islas Baleares. Los datos base son las temperaturas máximas y mínimas diarias de dichas estaciones, cedidas por el Instituto Nacional de Meteorología (INM) y recogidas a lo largo de su historia, que puede ser distinta de una estación a otra. El trabajo está estructurado en tres partes: análisis de tendencia de las series de temperatura media de las máximas y de las mínimas, estudio de las olas de calor y de las olas de frío

1. INTRODUCCIÓN

Los eventos extremos meteorológicos son causantes de numerosas pérdidas en el mundo actual, tanto humanas como económicas. De este modo, huracanes, tornados, inundaciones y sequías, o episodios de altas o bajas temperaturas han sido objeto en los últimos años de un particular seguimiento y estudio debido al alto coste en vidas (Díaz et al., 2002) y en bienes materiales que suelen ocasionar. Para hacernos una idea de la capacidad destructiva de dichos eventos citaremos la ola de calor que azotó Europa en el verano de 2003 y que causó, solo en Francia, más de 3000 muertes, o los 10000 muertos debidos a las inundaciones y a los corrimientos de tierras provocados por el Huracán Mitch (1998) en Centroamérica. Respecto al apartado económico, indicar que en Estados Unidos, las pérdidas anuales debidas a huracanes se cifran en unos 5000 millones de dólares (Pielke & Landsea, 1998).

Las estimaciones de posibles cambios climáticos debidos al aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero se basan, principalmente, en los resultados de los modelos climáticos globales, que estiman un calentamiento medio entre 1.4 y 5.8°C entre 1990 y 2100. Estos resultados han sido publicados en el tercer informe del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC, 2001). Además de los cambios en el clima a nivel

global, es de gran interés el estudio de los cambios que se podrían producir en las diferentes regiones del planeta, no sólo en valores medios sino también en sus valores extremos. Algunos resultados interesantes para nuestras latitudes han sido obtenidos utilizando simulaciones de modelos regionales de clima (Sánchez et al., 2004). Si el clima futuro va a ser más cálido, se producirá un aumento de las temperaturas, que no tendría por qué afectar en la misma medida a las temperaturas mínimas y a las máximas, y a priori se podría pensar que produciría un aumento de las olas de calor y una disminución de las olas de frío. En este trabajo vamos a analizar, precisamente, los cambios que se han observado hasta el presente en ambos extremos de temperatura.

2. DATOS

Para la realización de este trabajo se han utilizado 14 estaciones meteorológicas de la red del INM representativas de la España Peninsular y de las Islas Baleares: Alicante-C.Jardín, Burgos-Villafraja, Granada-Base Aérea, Girona-Aeropuerto, Madrid-Barajas, Murcia-San Javier, Navacerrada-Puerto, Orense-Diputación, Palma-C. Meteorológico, San Sebastián-Igueldo, Santiago de Compostela-Labacolla, Sevilla-Aeropuerto, Vigo-Peinador y Zaragoza-Aeropuerto. Los datos base son las temperaturas máximas y mínimas diarias de dichas estaciones, cuya historia puede ser distinta de una a otra; por ejemplo, se ha trabajado con datos desde 1930 en la estación de San Sebastián, mientras que sólo desde 1978 en la estación de Palma.

3. ANÁLISIS DE TENDENCIA

Una primera parte del trabajo consiste en un **análisis de tendencia** de las series de temperatura media de las máximas y de las mínimas. Se han realizado medias mensuales, medias estacionales (verano-JJA e invierno-DEF) y medias anuales. El test utilizado para el estudio de tendencias es el test de Mann, que es un test no paramétrico basado en el coeficiente t de Kendall (Sneyers, 1975) y permite establecer, en el caso de detectar tendencia, el punto aproximado de comienzo de la misma (Fig. 1).

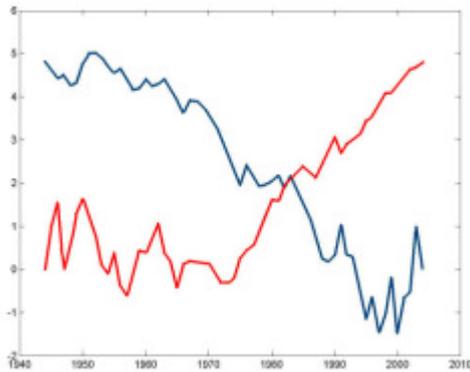


Fig. 1.- Resultado de aplicar el test de Mann a la serie de las máximas de Burgos (DEF). El punto de corte indica aproximadamente el origen de la tendencia.

Entre los resultados del análisis de tendencia cabe destacar los siguientes:

- Los meses individuales no suelen presentar una tendencia significativa. Sin embargo, en el análisis estacional (verano o invierno) o anual, son muchas las estaciones que dan una tendencia positiva de temperatura, con significación estadística.
- El estudio de los meses de invierno indica que las temperaturas máximas han aumentado más que las mínimas, por lo que el rango diario de temperaturas habría aumentado.
- El estudio de los meses de verano revela que la tendencia es, en general, más significativa para las temperaturas mínimas que para las máximas.
- Los resultados de los promedios anuales muestran tendencia significativa en las estaciones analizadas, no habiendo un resultado global sobre si es más importante en el caso de las máximas que en el de las mínimas.

4. ESTUDIO DE LAS OLAS DE CALOR

Las olas de calor son una de las causas principales de fallecimientos relacionados con fenómenos meteorológicos adversos. Debido al aumento de temperatura inducido por el cambio climático, podría esperarse que este hecho se viera incrementado tanto en su frecuencia como en intensidad, duración y extensión (Robinson, 2001). Estos fenómenos no solo afectan a la salud sino que también tienen una incidencia notable en las sequías, la desertificación o los incendios forestales.

Las olas de calor invadieron gran parte de Europa en el verano del 2003, provocando miles de fallecimientos en todo el continente. En España parece que la situación fue menos alarmante que en Francia, donde murieron, al menos 3.000 personas,

pero aún así el calor se hizo insoportable durante buena parte de los meses de verano.

En principio parecería sencillo definir una ola de calor: en primera aproximación, podríamos decir que es un periodo prolongado de temperaturas superiores a las normales en una zona geográfica concreta (INM, 2004; Colacino & Conte, 1995). Pero si se quiere hacer un análisis riguroso surgen muchas preguntas: ¿Cuántos días se pueden considerar como un periodo prolongado?, ¿en qué medida deben ser las temperaturas superiores a las normales?, ¿cómo se definen las temperaturas normales?, ¿sólo deben considerarse las temperaturas máximas o también las mínimas? Por lo tanto, uno de los objetivos principales de este estudio será encontrar una definición clara y razonable para dichos eventos.

Aunque algunos autores no consideran las diferencias entre distintos lugares, y tienen en cuenta para todos los casos el llamado “umbral del sueño” (temperaturas mínimas superiores a 20°C) (García & Féliz, 2004), en este estudio mostraremos que dicha temperatura no es representativa del calor en cualquier estación, ya que atendiendo a la definición dada en el párrafo anterior, resulta evidente que las temperaturas normales de distintas localidades no son comparables.

Estudios recientes sobre olas de calor en zonas del Mediterráneo Central (Colacino & Conte, 1995) distinguen entre dos tipos de olas: a) olas de calor muy intensas pero de corta duración (de 3 a 5 días) y b) olas de calor más prolongadas en el tiempo (unos 15 días) pero menos intensas. Podría suceder que ambos sean generados por diferentes procesos sinópticos. Las primeras estarían relacionadas con movimientos de aire verticales debido a que el chorro subtropical se hubiera desplazado hacia latitudes más altas, mientras que las segundas estarían producidas por una situación de estancamiento debido a una dorsal térmica.

Por tanto, para definir una ola de calor es necesario establecer, por un lado una temperatura de corte, que clasificará los días calurosos, y, por otro, un grado de persistencia de dichos días (Folland et al., 1999). Para definir la temperatura de corte (tanto para las máximas como para las mínimas) para cada localidad y cada mes (junio, julio y agosto), se utilizará el percentil 90 de cada serie. Los días en que se alcance una temperatura superior a la de corte se calificarán de extremadamente calurosos, tanto para la máxima como para la mínima.

En cuanto al grado de persistencia de días extremadamente calurosos (Robinson, 2001), se exigirá que existan 4 observaciones seguidas que superen la temperatura de corte, pudiendo empezar la secuencia en una temperatura máxima o mínima.

Los resultados de este análisis se pueden resumir en los siguientes puntos:

- Las olas de calor muestran una tendencia a incrementarse a lo largo de las últimas décadas,

siendo especialmente numerosas en la década de los 90 y en los primeros años de la década actual, donde en solo cuatro años se han batido records en Girona, Murcia, Burgos y Palma de Mallorca (ver Tablas 1 y 2 y Fig. 2). Debemos aclarar el significado de que aparezcan números entre paréntesis y entre comillas en las Tablas: Existen olas de calor que comienzan en un mes y que continúan en otro. Éstas han sido sumadas en el mes en el que la ola de calor es más larga. Por ejemplo si una ola comienza en la mínima del 30 de Julio y finaliza en la mínima del 14 de Agosto (caso de Sevilla en el 2003), se contabiliza en Agosto del 2003 pero en Julio se coloca un (1). En este caso, en la tabla correspondiente (Tabla 2), aparece (2), esto se debe a que existe otra ola de calor, en el periodo del 2000 al 2003, en la que existen estas mismas circunstancias del 2003 (también puede ser que la ola comience en Junio y termine en Julio). En los casos en los que las olas de calor duran lo mismo en un mes que en el otro se coloca "1" en las casillas correspondientes a ambos meses. Donde aparece un signo "-" significa que la serie de datos todavía no había comenzado.

	1930-1939			1940-1949			1950-1959			1960-1969		
	jun	jul.	agos.	jun	jul.	agos.	jun	julio	agos.	jun.	julio	agos.
Alicante				2		1	3	1	2	5	4	2
Burgos	-	-	-		2	1(1)	3	1(1)		3	2	1
Girona	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Granada	-	-	-	-	-	-	2	5	1	5	4	3
Madrid	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4		3
Murcia	-	-	-	1	1				1		1	
Navacerrada	-	-	-	3	1	1(1)	3	2		5	2	1
Ourense	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Palma	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
San Sebastian	2	1	5	3	4(1)	4	3	4(1)	7	2	1	
Santiago	-	-	-		2					2	1	
Sevilla	-	-	-	-	-	-	1	2	1(1)	4		1
Vigo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	4	3
Zaragoza	-	-	-	-	-	-	1	1	1	2		

Tabla 1.- Cantidad de olas de calor por décadas y meses. (1930-1969).

	1970-1979			1980-1989			1990-1999			2000-2003		
	Jun.	Jul.	Agos.	Jun.	Jul.	Agos.	Jun.	Julio	Agos.	Jun.	Jul.	Agos.
Alicante	1		2	1	3	2	4	2	2	3"1"	1"1"	1(1)
Burgos		1	1(1)	1	2(1)	1	3	4	3	7	3	4(1)
Girona					4	1	1	1	3	4	3	2(1)
Granada		1	3	4	3(1)	2	4(2)	9	11	5	1(1) "2"	1"2"
Madrid			1	4	4	2	5	9(1)	8	6		2
Murcia				1						4		1
Navacerrada		2	2	3	6(1)	4	9	12(2) "1"	9"1"	5	2(1)	6(1)
Ourense	1			3	2	2	1	1	2	2		2
Palma				1	2	1	2	5	3	7	4	5
San Sebastian	2	3(1)	3	2	2		2	3	5	3	"1"	4"1"
Santiago	1	2 (1)	1	4	2	2	3	5	2	2	1	4(1)
Sevilla				4	2"1"	1"1"	9	9(1)	8	4	1(2)	3
Vigo	1(1)	6		5	6(2)	4	3	5(1)	10	3	1	3(1)
Zaragoza	1	1	1	6	4	2	5(1)	9(1)	8	9	3(1)	2

Tabla 2.- Cantidad de olas de calor por décadas y meses. (1970-2003)

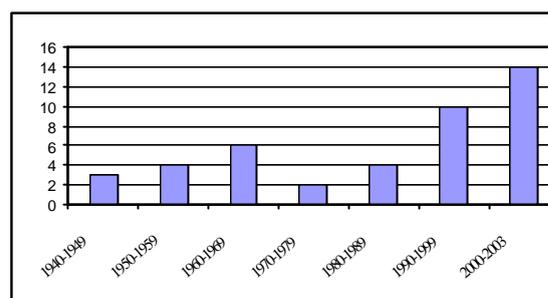


Fig. 2.- Evolución temporal por décadas de las olas de calor en Burgos.

- El número de las olas de calor es superior en Junio y Julio, pese a que en muchos observatorios el mes de Agosto es el más caluroso.
- Durante los meses de Junio y Agosto de 2003 se alcanzaron las medias mensuales de temperatura más altas que en ningún otro año de su serie, en más del 70% de los observatorios para las mínimas y en más del 43% para las máximas.
- En el verano del 2003, la mayoría de los eventos extremadamente calurosos correspondieron a las temperaturas mínimas, siendo el calor especialmente intenso en la zona Mediterránea y en la mitad oriental peninsular (Tabla 3).

	junio		julio		agosto		totales	
	max	min	max	min	max	min	max	min
Alicante	13	15	7	17	14	14	34	46
Burgos	19	13	8	8	16	18	43	39
Girona	21	11	16	7	23	9	60	27
Granada	14	13	11	7	4	7	29	27
Madrid	9	10	2	6	10	12	21	28
Murcia	10	16	4	8	11	18	25	42
Navacerrada	15	10	7	5	17	11	39	26
Ourense	6	14	2	15	13	13	21	32
Palma	14	20	11	21	22	22	47	63
San Sebastian	8	20	2	9	9	22	19	51
Santiago de Compostela	6	11	1	5	13	19	20	35
Sevilla	7	14	4	10	13	15	24	39
Vigo	6	8	1	5	10	16	17	29
Zaragoza	15	19	9	13	16	16	40	48

Tabla 3. Cantidad de eventos calurosos en el verano del 2003.

- Las condiciones sinópticas resultan determinantes a la hora de predecir las olas de calor. La persistencia de dorsales intensas en altura y flujo del sur en superficie potencian el fenómeno (Fig. 3 y 4)

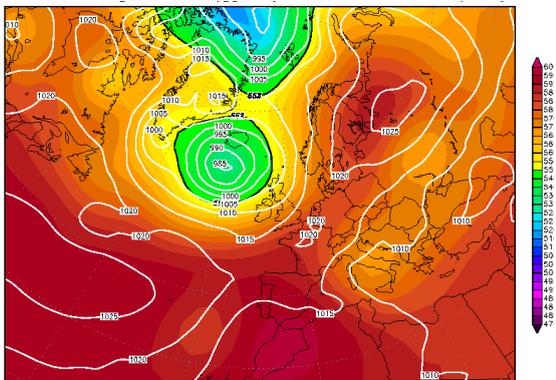


Fig. 3.- Geopotencial (mgp) a 500hPa y presión en superficie del día 1 de Agosto del 2003 a las 00z. (Fuente: Reanálisis del NCEP)

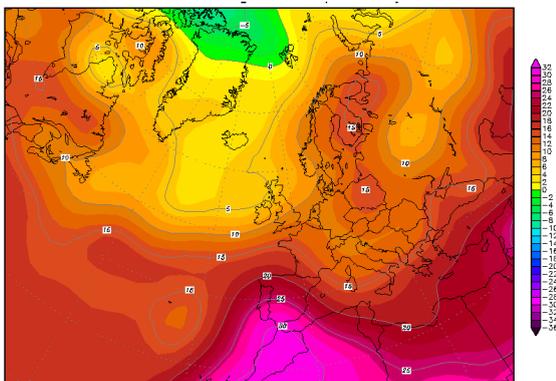


Fig.4. Temperatura (°C) en el nivel de 850 hPa del día 1 de Agosto del 2003. (Fuente: Reanálisis del NCEP)

En cuanto a lo que podría ocurrir en el futuro (2070-2100) en España, comentar que los modelos numéricos de simulación del clima (Sánchez et al, 2004) señalan que las olas de calor en verano (que es cuando tienen mayor impacto en mortalidad y morbilidad) aumentarán en frecuencia e intensidad sobre todo en Levante y Murcia, pero también en el País Vasco y Norte de Galicia, y disminuirán en Cataluña, Extremadura y Oeste de Andalucía y Castilla y León. Durante los meses invernales serán mucho más habituales (en frecuencia y con mayor intensidad) que en la actualidad sobre toda la Península (sobre todo en la mitad Sur), excepto en Cataluña (donde incluso disminuirán, como también sucede en verano).

5. Estudio de las olas de frío

Como ya se comentó anteriormente, existe una tendencia general al alza de las temperaturas que nos hace pensar que el número de eventos extremadamente fríos en los últimos años (y por tanto también el número de olas de frío) habría disminuido. Es importante recordar que el número de eventos extremadamente fríos en cada estación sólo depende del número de datos, ya que, por definición, serán días extremadamente fríos el 10% de los días analizados. Sin embargo, el número de olas de frío no depende del número de datos que tengamos, ya que para ello no solo necesitamos que haya días extremadamente fríos, sino también una determinada persistencia.

Es interesante comentar brevemente algunos de los resultados de Sánchez et al. (2004). Según los autores, en su artículo sobre modelización de clima futuro, las temperaturas en la Península Ibérica habrán subido varios grados a finales de siglo, especialmente en las zonas interiores, más moderado en el litoral, esto último debido a la intensificación de las brisas marinas provocadas por la intensificación de la típica baja térmica veraniega sobre la Península, como explican Hoinka y Castro (2003). Dicho ascenso de temperaturas será mucho más acusado en los meses veraniegos que en los invernales. En este artículo se afirma que, en el futuro (periodo 2070-2100), el número de olas de frío en verano en la Península Ibérica aumentará, (a pesar de que las temperaturas habrán subido, pero hay que tener en cuenta que las olas de frío se calcularán respecto a las temperaturas medias del periodo considerado, 2070-2100, y no respecto a los valores actuales, por lo que serían olas de frío pero con temperaturas más altas que las olas de frío actuales), excepto en el Sureste y en la Cornisa Cantábrica. En invierno, el número de olas de frío disminuiría en el Noreste peninsular, pero aumentaría en Andalucía, Extremadura, Murcia, Castilla-La Mancha, La Rioja y Norte de Castilla y León, por lo que podrían ser las zonas más sensibles

al impacto de las olas de frío en el futuro. En el resto de España peninsular y Baleares, según este estudio, el número de olas de frío sería similar al actual (se refiere al período 1960-1990).

De manera análoga al apartado anterior, se define como “temperatura extremadamente fría” (máxima o mínima) la que es inferior al percentil 10 y se requieren cuatro temperaturas consecutivas extremadamente frías (entre máximas y mínimas) para definir una ola de frío.

Los resultados se resumen como sigue:

- El número de eventos extremadamente fríos muestra una tendencia general decreciente en las últimas décadas, especialmente en la década de los 90, que presenta un número muy bajo de eventos extremos comparado con décadas anteriores.
- Existe una tendencia a disminuir el número de olas de frío al analizarlas por décadas, siendo en algunas estaciones muy significativo el descenso en la década de los 90 (Fig. 5, Tabla 4). Se aprecia que en las zonas litorales los cambios no son tan abruptos, lo que estaría en concordancia con las simulaciones de clima futuro obtenidas por Sánchez et al. (2004).

	1931/32-1939/40					1940/41-1949/50					1950/51-1959/60				
	N	D	E	F	M	N	D	E	F	M	N	D	E	F	M
Alicante						1	2	5	2	2	1(1)	3	2	5	1
Burgos						1	4	5	3(1)	3	1	1	4(2)	7	1
Girona															
Granada											1	1	7(1)	5	2
Madrid															
Murcia						1	1	1(1)	2	0	1	3	2(1)	4	3
Navacerrada						1	3	3	1	0	4	2	7(1)	6	2
Ourense															
Palma															
S. Sebastián	4	5(1)	6(1)	8(1)	6	7(1)	11(1)	10	7	8	4	1	6(1)	7	4
Santiago															
Sevilla											3	2(1)	7(2)	5	2
Vigo															
Zaragoza															

Tabla 4a.- Cantidad de olas de frío por décadas y meses (1931/32-1959/60).

- El número de olas de frío correspondiente a la década actual (2000-2009), aún bastante incompleta, parece indicar que podría haber un repunte en las olas de frío respecto a la década anterior. Dado que se mostró un aumento importante de las olas de calor en los años de la dicha década, se podría pensar en un aumento de los fenómenos extremos, tanto de calor como de frío.

- El análisis preliminar realizado en el invierno 2004-05, muestra que se ha producido un número importante de olas de frío, habiéndose registrado 6 olas en Zaragoza, cuando en toda la década de los 90 se obtuvieron sólo 3.

	1960/61-1969/70					1970/71-1979/80					1980/81-1989/90				
	N	D	E	F	M	N	D	E	F	M	N	D	E	F	M
Alicante	5	2(1)	1	2	1	3	5	1(2)	1	5	3(1)	2(1)	3	4	3
Burgos	3	4(1)	1(1)	3(1)	3	3	5	0(1)	1	3	1	2	4	3(1)	4
Girona						3	1(1)	2	0	4	4(1)	4	3	4	3
Granada	4	3(2)	0(1)	2	2	4	3(1)	4	0	5	1(1)	1	4	1	0
Madrid	3	2	0	2	2	0	0(1)	1	1	3	2	0	0	2	1
Murcia	5	3	1(1)	4(1)	2	3	3	2	0	5	3	1	4	3	1
Navacerrada	8	8(1)	3	5	7	6	4	7(2)	3	11	3*1**	1*1**	5	5	4
Ourense						2	4	4(1)	1	2	3	4	4(2)	3	1
Palma						3	2	1	0	3	5(1)	5	6(2)	7	4
S. Sebastián	3	5(2)	7	5(3)	9	9	5(2)*1**	3*1**	2	5	6*1**	2*1**	4	5	4
Santiago	2	5(1)	1(1)	2	5	2	3(1)	1(1)	2	6	2	0	3	3	1
Sevilla	5	4	2(1)	1	2	3	2	1	0(1)	4	2(1)	2	5	3(1)	3
Vigo	4	6	1	3	4	4	3(1)	2(1)	2	3	3*1**	1*1**	4(1)	2	1
Zaragoza	3	0	1	3	4	4	2(1)	2	1*1**	3*1**	5(1)	1(1)	3	2	2

Tabla 4b. Cantidad de olas de frío por décadas y meses (1960/61-1989/90).

	1990/91-1999/2000					2000/01-2003/04				
	N	D	E	F	M	N	D	E	F	M
Alicante	4	2	1(1)	3(1)	1	0	1	1	1	1
Burgos	1	1	1	2	1(1)	1	2	0	0	1
Girona	2	3	1(1)	4	1	0	1	0	0(1)	1
Granada	3	0(1)	0	1(1)	2	2	0	1(1)	1	1
Madrid	0	1	1	2(1)	1	0	3	0	0	1
Murcia	2	2	1(1)	1(1)	1	0	0	0	0	1
Navacerrada	4*1**	2*1**	5	3(1)	3	1	0	1	2	0(2)
Ourense	2	2	0	0	0	0	1	0	0	0
Palma	6	3	1*1**	4(1)*1**	2	0	1	1	0(1)	1
S. Sebastián	6	6	2*1**	3(1)*1**	4	0	3	1	1(1)	2
Santiago	0	0	1	2(1)	1	0	0	1	0	0
Sevilla	3	1	1	1(1)	1	2	0	0	0	1
Vigo	1	1	4(1)	2(1)	1	0	1	0	0	0
Zaragoza	1	1	1	0	0	0	2	0	1(1)	1

Tabla 4c. Cantidad de olas de frío por décadas y meses (1990/91-2003/04).

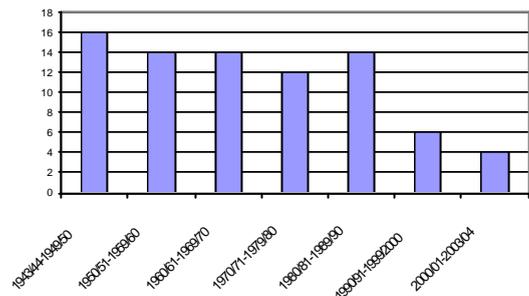


Fig.5.- Evolución temporal por décadas de las olas de frío en Burgos.

- El estudio sobre la relación con las situaciones sinópticas revela que las olas de frío que afectan a toda la España Peninsular y Baleares están controladas por una configuración sinóptica similar: en superficie un anticiclón en las cercanías de las Islas Británicas y una depresión en el Mediterráneo; en niveles altos una dorsal al NW de Gran Bretaña y una vaguada sobre la Península Ibérica (Fig. 6 y 7).

- La mayoría de las olas de frío generalizadas se han producido en el mes de febrero o entre finales de febrero y primeros días de marzo.

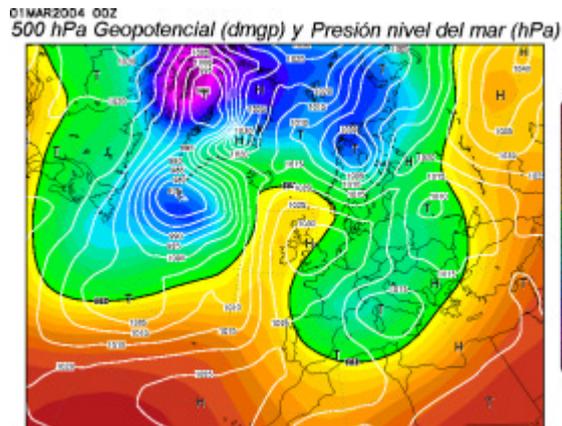


Fig. 6.- Geopotencial (mgp) a 500hPa y presión en superficie del día 1 de marzo de 2004 a las 00z. (Fuente: Reanálisis del NCEP)

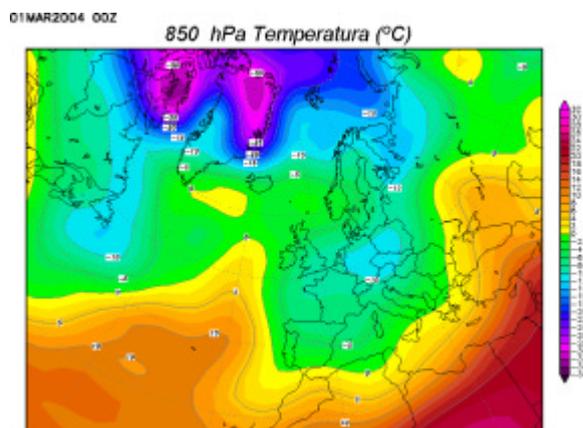


Fig. 7.- Temperatura (°C) en el nivel de 850 hPa del día 1 de marzo de 2004.

AGRADECIMIENTOS

Queremos agradecer al Instituto Nacional de Meteorología (INM) el habernos facilitado los datos de temperaturas máximas y mínimas diarias de las estaciones que aparecen en este trabajo, que ha sido financiado parcialmente por la Comunidad de Madrid y la Universidad Complutense de Madrid a través de la financiación del Grupo de Investigación de *Micrometeorología y Variabilidad Climática* (Ref. 910437).

REFERENCIAS

- Colacino, M. & Conte, M. (1995): Heat Waves in the Central Mediterranean. *A Synoptic Climatology. Nuovo Cimento C*, **18**, 295-304.

- Díaz, J., Jordán, A., García, R., López, C., Alberdi, J.C., Hernández E. & Otero, A. (2002): Heat waves

in Madrid 1986-1997: effects on the health of the elderly. *Int Arch Occup Environ Health* **75**: 163-170.

- Folland, C. K., Miller, C., Bader, D., Crowe, M., Jones, P., Plummer, N., Richman, M., Parker, D.E., Rogers, J. & Scholefield, P. (1999): Breakout group C: Temperature indices for climate extremes. *Climatic Change* **4**, 31-43.

- Hoinka, K. & M. Castro, 2003: The Iberian Peninsula thermal low. *Q. J. R. Meteorol. Soc.*, **129**, 1491-1511.

- INM (2004a). Efemérides nacionales. <http://www.inm.es>.

- INM (2004b). Informe sobre las olas de calor y su predicción. <http://www.inm.es>.

- INM (2004c). Ola de calor. Verano de 2003. <http://www.inm.es>.

- IPCC, Climate Change, 2001: The Scientific basis. In: Houghton, J. T., et al., (Eds.), Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.

- Pielke, R., Jr., & C. Landsea, 1998: Normalized Atlantic hurricane damage: 1925-1995. *Wea. Forecasting*, **12**, 621-631.

- Robinson, P. J. (2001): On the Definition of a Heat Wave. *J. Appl. Meteorol.* **40**, 762-775.

- Sánchez, E., C. Gallardo, M. A. Gaertner, A. Arribas & M. Castro, (2004): Future climate extreme events in the Mediterranean simulated by a regional climate model: a first approach. *Global and Planetary Change*, **44**, 163-180.

- Robinson, P. J. (2001): On the Definition of a Heat Wave. *J. Appl. Meteorol.* **40**, 762-775.

- Sneyers, R., 1975 : Sur l'analyse statistique des séries d'observations. OMM, Tech. Note. No. 143.